

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R S.1714

Статическая методика для расчета уровней э.п.п.м.↓ в целях облегчения координации антенн очень большого размера в соответствии с пп. 9.7А и 9.7В Регламента радиосвязи

(2005)

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- а) что на ВКР-2000 в Статье 22 Регламента радиосвязи (РР) были приняты пределы эквивалентной плотности потока мощности (э.п.п.м.), которые должны выполняться негеостационарными системами фиксированной спутниковой службы (НГСО ФСС) с целью защиты геостационарных (ГСО) сетей ФСС и сетей ГСО радиовещательной спутниковой службы (РСС) в некоторых участках диапазона частот 10,7–30 ГГц;
- б) что на ВКР-2000 было согласовано, что требуется дополнительная защита, помимо той, которая обеспечивается пределами э.п.п.м., упомянутыми в п. а) раздела *учитывая*, для некоторых сетей ГСО ФСС с конкретными приемными земными станциями, имеющими все из нижеуказанных характеристик:
- i) максимальный коэффициент изотропного усиления антенны земной станции больше или равен 64 дБи для полосы частот 10,7–12,75 ГГц или 68 дБи для полос частот 17,8–18,6 ГГц и 19,7–20,2 ГГц;
- ii) коэффициент качества (G/T) составляет 44 дБ/К или выше;
- iii) ширина полосы излучения составляет 250 МГц или более для полос частот ниже 12,75 ГГц либо 800 МГц или более для полос частот выше 17,8 ГГц;
- с) что для обеспечения этой дополнительной защиты на ВКР-2000 были приняты пп. 9.7А и 9.7В РР, устанавливающие процедуру проведения эффективной координации между конкретными земными станциями геостационарной сети ФСС и системами ФСС, использующими спутники НГСО в определенных полосах частот;
- д) что технические условия для инициирования координации в соответствии с пп. 9.7А и 9.7В определяются в Приложении 5 РР и включают пороговые уровни согласно п. б) раздела *учитывая* и нижеуказанные уровни э.п.п.м.↓, излучаемые спутниковой системой НГСО ФСС в направлении земной станции, применяющей антенну очень больших размеров, когда эта антенна ориентирована на полезный спутник ГСО:
- i) в полосе частот 10,7–12,75 ГГц:
- а) $-174,5 \text{ дБ(Вт/(м}^2 \cdot 40 \text{ кГц))}$ для любого процента времени для спутниковых систем НГСО со всеми спутниками, работающими только на высоте 2500 км или ниже; или
- б) $-202 \text{ дБ(Вт/(м}^2 \cdot 40 \text{ кГц))}$ для любого процента времени для спутниковых систем НГСО со всеми спутниками, работающими на высоте более 2500 км;
- ii) в полосах частот 17,8–18,6 ГГц или 19,7–20,2 ГГц:
- а) $-157 \text{ дБ(Вт/(м}^2 \cdot \text{МГц))}$ для любого процента времени для спутниковых систем НГСО со всеми спутниками, работающими только на высоте 2500 км или ниже; или
- б) $-185 \text{ дБ(Вт/(м}^2 \cdot \text{МГц))}$ для любого процента времени для спутниковых систем НГСО со всеми спутниками, работающими на высоте более 2500 км;
- е) что расчет э.п.п.м.↓, создаваемой спутниковой системой НГСО в зависимости от времени, требует использования подходящих инструментальных программных средств моделирования;

- f) что в Рекомендации МСЭ-R S.1503 приведена спецификация инструментальных программных средств моделирования для расчета э.п.п.м.↓ в функции времени, однако в ней не учитывается наклонение орбиты спутника ГСО;
- g) что вследствие высокого усиления антенн с очень большими размерами на земных станциях ГСО и характера уравнения э.п.п.м.↓ спутники НГСО не вносят заметного вклада в величину э.п.п.м.↓ через боковые лепестки вышеуказанных антенн на земных станциях ГСО;
- h) что на ВКР-03 была принята Резолюция 85 (ВКР-03), которая позволяет на временной основе, до появления соответствующего программного обеспечения, проводить координацию в соответствии с пп. 9.7А и 9.7В РР, используя только характеристики сети ГСО ФСС;
- j) что существуют лишь ограниченные правила проведения координации в соответствии с пп. 9.7А и 9.7В РР,

рекомендует,

- 1 что методика в Приложении 1 к настоящей Рекомендации может использоваться администрациями, проводящими координацию в соответствии с пп. 9.7А и 9.7В РР, для расчета статической величины э.п.п.м.↓ для наихудшего случая, создаваемой системой НГСО в антенне конкретной земной станции ГСО, когда эта антенна ориентирована на полезный спутник ГСО;
- 2 что результаты, полученные в п. 1 раздела *рекомендует*, должны сравниваться с защитным критерием э.п.п.м.↓ сети ГСО и с критерием, указанным в п. d) раздела *учитывая*, с целью определения возможности невыполнения системой НГСО этого защитного критерия;
- 3 что координацию следует считать законченной, если система НГСО удовлетворяет защитному критерию э.п.п.м.↓ ГСО и критерию, указанному в п. d) раздела *учитывая*;
- 4 что более детальный анализ потребуется в случаях, когда система НГСО не удовлетворяет защитному критерию э.п.п.м.↓ ГСО и критерию, указанному в п. d) раздела *учитывая*.

Приложение 1

1 Описание методики

В Циркулярном письме CR/176 Бюро радиосвязи попросило администрации, ответственные за спутниковые системы НГСО в определенных полосах частот, подчиняющиеся предельным уровням э.п.п.м., представить в МСЭ дополнительную информацию в течение шести месяцев после 26 марта 2002 года согласно п. 2 раздела *решает* Резолюции 59 (ВКР-2000). Эта дополнительная информация содержит подробные данные о работе спутниковой сети и о масках п.п.м., необходимых для расчета уровней э.п.п.м., создаваемых системами НГСО. В методике, предлагаемой в настоящей Рекомендации, используется эта дополнительная информация, и какие-либо другие дополнительные данные по спутниковым системам НГСО не требуются.

Для того чтобы были соблюдены предельные уровни э.п.п.м.↓, в спутниковых системах НГСО потребуется применение того или иного метода снижения помех. Одним из наиболее распространенных методов является уклонение от дуги ГСО. Уклонение от дуги ГСО может быть реализовано путем введения зоны исключения тремя разными способами:

- зона исключения определяется как зона в пределах $\pm X^\circ$ от земной станции ГСО до дуги ГСО, и спутник НГСО может вести передачу на земную станцию НГСО, расположенную не ближе заранее установленного расстояния от земной станции ГСО, когда он находится внутри зоны исключения;

- зона исключения такая же, как определено на рисунке 1, однако спутник НГСО не может вести передачи, когда он находится внутри зоны исключения;
- зона исключения определяется по широте, и спутник НГСО не может вести передачи, когда широта его подспутниковой точки находится внутри определенного диапазона широт $\pm X$.

На рисунках 1–3 представлены схемы каждого из трех видов метода уклонения от дуги ГСО.

РИСУНОК 1

Случай 1 зоны исключения

Случай 1: Зона исключения определяется как зона в пределах $\pm X^\circ$ от земной станции ГСО до дуги ГСО, и спутник НГСО **может** вести передачи на земную станцию НГСО, расположенную не ближе заранее установленного расстояния от земной станции ГСО, когда спутник НГСО находится внутри зоны исключения.

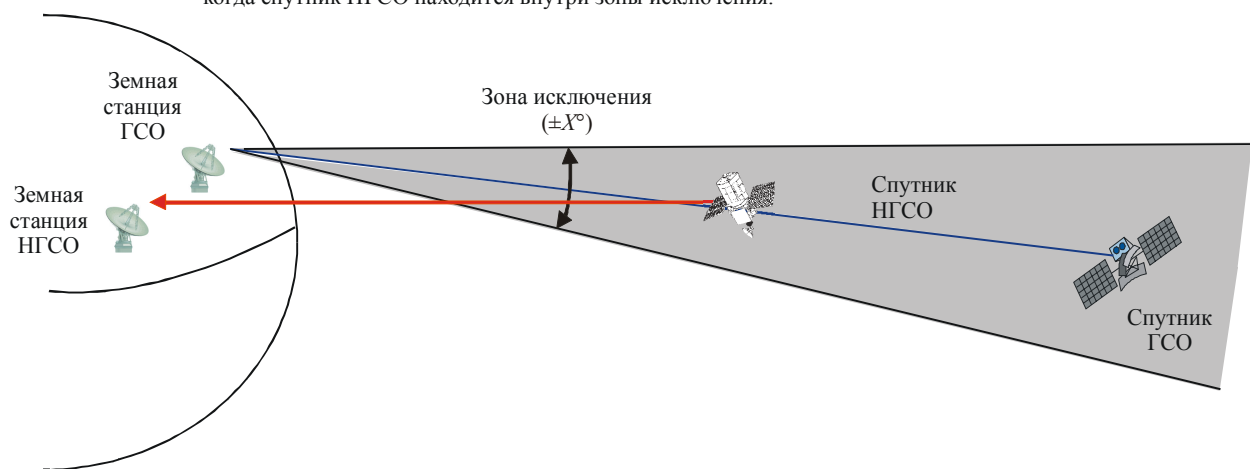


РИСУНОК 2

Случай 2 зоны исключения

Случай 2: Зона исключения определяется как зона в пределах $\pm X^\circ$ от земной станции ГСО до дуги ГСО. Спутник НГСО **не может** вести передачи, когда он находится внутри зоны исключения.

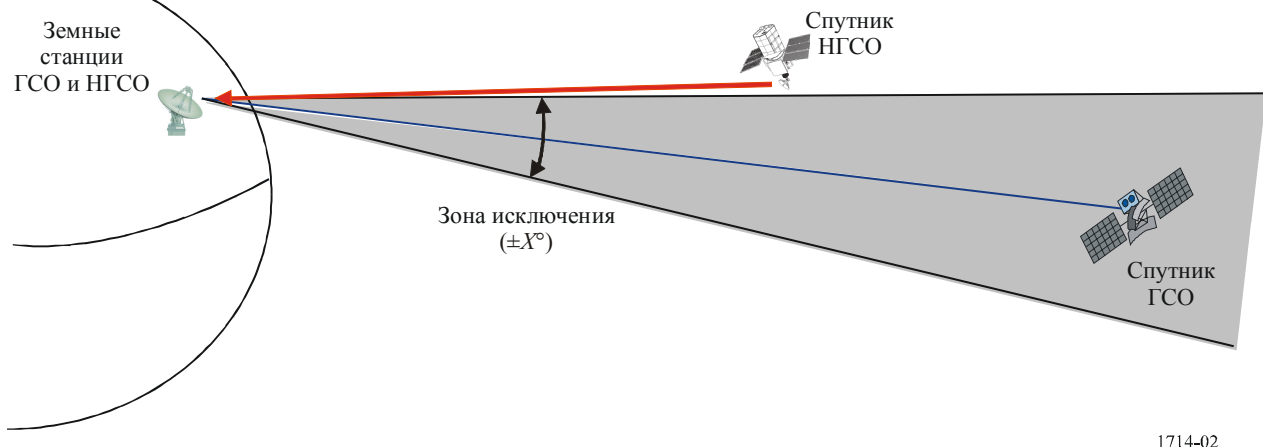
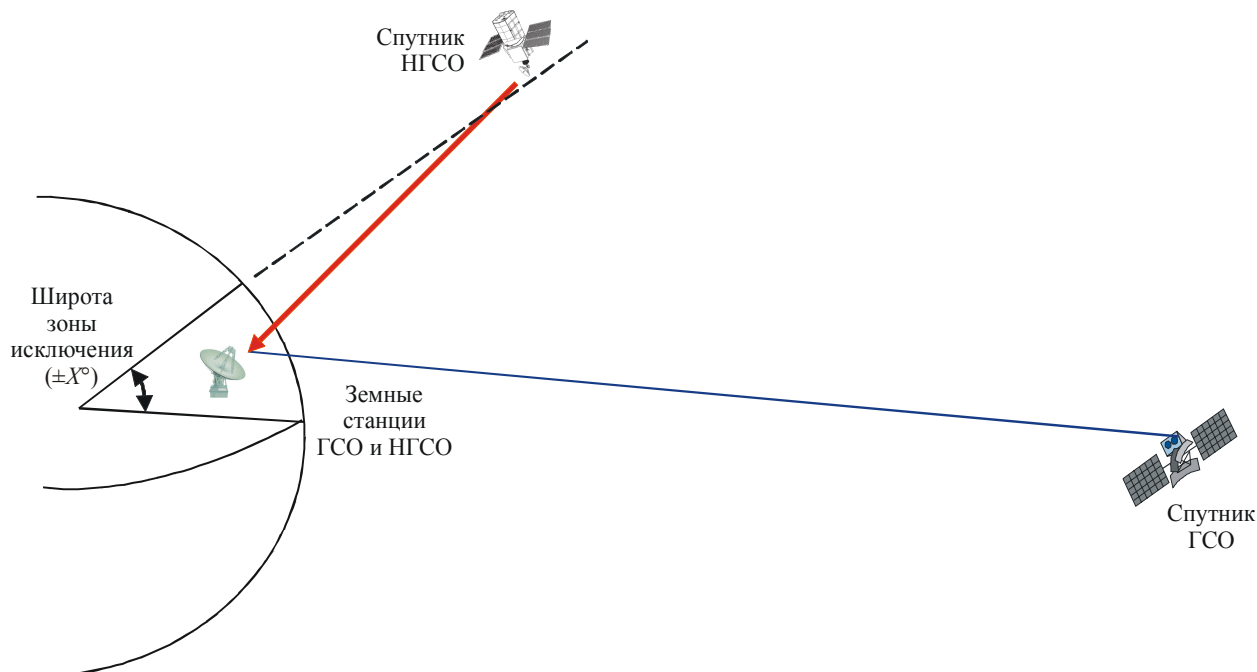


РИСУНОК 3

Случай 3 зоны исключения

Случай 3: Спутник НГСО не может вести передачи, когда широты подспутниковых точек находятся внутри определенного диапазона широт. Например, спутник на средневисотной околоземной орбите (МЕО) не будет вести передачи на широтах между $+X^\circ$ и $-X^\circ$. Спутник на высокой околоземной орбите (НЕО) не будет вести передачи на широтах ниже $+X^\circ$ или выше $-X^\circ$, в зависимости от полусферы, где находится апогей.



1714-03

В случаях 1 и 2 описываются варианты уклонения от дуги ГСО, которые по всей вероятности будут использоваться группировками спутников на низких околоземных орбитах (LEO); а случай 3 наиболее вероятно будет использоваться в группировке типа НЕО, в то время как все три варианта уклонения от дуги могут использоваться группировками МЕО. Поскольку для НЕО маловероятно применение вариантов уклонения от дуги, описанных в случаях 1 и 2, расчеты в этих методиках ограничиваются круговыми орбитами. Методика для случая 3 может использоваться в отношении группировки НЕО до тех пор, пока известен радиус до спутника НЕО, когда он пересекает широту входа в зону исключения и широту выхода из нее. Пороги э.п.п.м.↓ в Приложении 5 РР, используемые при установлении технических условий для инициирования процесса координации между системами НГСО ФСС и конкретными земными станциями в сети ГСО ФСС, определяются на основе данных о высоте, причем один порог координации относится к системам НГСО со всеми спутниками, работающими на высоте равной или ниже 2500 км, а другой – к системам НГСО со всеми спутниками, работающими на высоте более 2500 км. В таблице 1 показано соотношение между типом орбиты НГСО, порогом координации согласно Приложению 5 РР и рассмотренными выше случаями применения методов снижения помех.

ТАБЛИЦА 1

Соотношение между типом орбиты, порогом координации согласно Приложению 5 РР и методами снижения помех

Тип орбиты	Порог координации согласно Приложению 5 РР (км)	Методы снижения помех
LEO	$\leq 2\,500$	Случаи 1 и 2
МЕО	$> 2\,500$	Случаи 1, 2 и 3
НЕО	$> 2\,500$	Случай 3

2 Случай 1

Случай 1 описывает сценарий, при котором зона исключения определяется как зона в пределах $\pm X^\circ$ от земной станции ГСО до дуги ГСО. Когда спутник НГСО расположен внутри этой зоны исключения, он может вести передачи, но не в направлении земной станции ГСО. Территориальное удаление земной станции НГСО от земной станции ГСО, при котором спутник НГСО может вести передачи, определяется режимами работы спутника НГСО. Наихудший вариант геометрических построений для этого случая отображен на рисунке 1, на котором спутник НГСО расположен непосредственно на линии между спутником ГСО и земной станцией ГСО, но спутник НГСО ведет передачи на земную станцию, находящуюся на удалении от земной станции ГСО. Такая геометрия отражает сценарий помех, когда боковой лепесток спутника НГСО попадает в главный луч спутника ГСО. Этот метод снижения помех обычно используется в группировке LEO, но может работать и в группировке MEO. Алгоритм по расчету значений э.п.п.м.↓ требует применения следующих шагов:

Шаг 1: Входные данные: радиус Земли, радиус НГСО, наклонение НГСО, радиус ГСО, долгота спутника ГСО, наклонение орбиты спутника ГСО, широта земной станции ГСО, долгота земной станции ГСО.

Шаг 2: Рассчитайте углы азимута и места от земной станции ГСО к спутнику ГСО.

Шаг 3: Рассчитайте широту и долготу подспутниковой точки спутника НГСО для того же азимута и угла места, что и у спутника ГСО.

Шаг 4: Если маски п.п.м. спутника НГСО представлены в виде зависимости угла альфа от разности по долготе (дельта) (определения угла альфа и разности по долготе см. в Рекомендации МСЭ-R S.1503).

- a) Из масок п.п.м. выберите значение п.п.м. для широты, ближайшей к широте подспутниковой точки спутника НГСО для $\alpha = 0$ или $X = 0$, и разности по долготе между спутниками ГСО и НГСО.
- b) Поскольку рассматриваемый случай отражает событие появления помех "по линии" (in-line), отношение $G(\theta)/G(\max)$ при расчете э.п.п.м. равно 1 или 0 дБ.
- c) Поскольку спутник ГСО имеет очень широкую полосу пропускания, могут существовать несколько наборов масок п.п.м. с перекрывающимися частотами, причем все они должны быть включены.
- d) Рассчитайте уровень э.п.п.м., как определено в п. 22.5С РР.

Шаг 5: Если маски п.п.м. спутника НГСО представлены в виде зависимости угла азимута от угла места (определения угла азимута и угла места см. в Рекомендации МСЭ-R S.1503).

- a) Рассчитайте координаты спутника ГСО, земной станции и спутника НГСО в геоцентрической фиксированной системе координат (ECF).
- b) Переведите вектор между спутником НГСО и земной станцией ГСО из координат ECF в систему координат с центром в месте расположения спутника, а затем вращайте его.
- c) Рассчитайте углы азимута и места от спутника НГСО к земной станции ГСО.
- d) Из масок п.п.м. выберите величину п.п.м. для широты, ближайшей к широте подспутниковой точки спутника НГСО для углов азимута и места от спутника НГСО к земной станции ГСО.
- e) Поскольку рассматриваемый случай отражает событие появления помех "по линии" (in-line), отношение $G(\theta)/G(\max)$ при расчете э.п.п.м. равно 1 (численное значение) или 0 дБ.
- f) Поскольку спутник ГСО имеет очень широкую полосу пропускания, могут существовать несколько наборов масок п.п.м. с перекрывающимися частотами, причем все они должны быть включены.
- g) Рассчитайте уровень э.п.п.м., как определено в п. 22.5С РР.

Была составлена рабочая таблица Excel с соответствующими уравнениями и предварительно заданными расчетами. В таблице 2 показано изображение страницы с расчетами для случая 1. Входные величины для спутниковой системы НГСО являются вымышленными и не представляют какую-либо конкретную систему.

ТАБЛИЦА 2

Расчеты в рабочей таблице Excel для случая 1

Случай 1: Зона исключения, определяемая как зона в пределах $\pm X^\circ$ от земной станции ГСО до дуги ГСО				
Спутник НГСО МОЖЕТ вести передачи внутри зоны исключения, но не в направлении земной станции ГСО				
Наихудший случай: ситуация помех "по линии" от спутника НГСО на спутник ГСО, и альфа = 0 или $X = 0$				
Примечание: Этот алгоритм действителен только для спутников НГСО с круговыми орбитами				
Входные данные				
	Радиус Земли (км)	Re	6 378,15	
	Радиус НГСО (км)	Rn	7 878	
	Наклонение орбиты спутника НГСО (градусы)	i	55	
	Радиус ГСО (км)	Rg	42 164	
	Долгота спутника ГСО (градусы)	GSO Long.	-30	
	Наклонение орбиты спутника ГСО (градусы)	ig	5	
	Широта земной станции (градусы)	φ	38	
	Долгота земной станции (градусы)	earth Long.	-77	
Расчеты				
	Широта спутника ГСО (градусы)	δ_g	5	
	Разность по долготе между земной станцией и спутником ГСО (градусы)	$\Delta\lambda_g$	47	GSO Long. – earth Long.
	Рассчитайте угол гамма от земной станции к спутнику ГСО (градусы)	γ_g	53,91141	$\text{acos}[\sin(\varphi) * \sin(\delta_g) + \cos(\varphi) * \cos(\delta_g) * \cos(\Delta\lambda_g)]$
	Рассчитайте наклонное расстояние от земной станции до спутника ГСО (км)	dg	3 8751,35	$\text{sqrt}(\text{Re}^2 + \text{Rg}^2 - 2 * \text{Re} * \text{Rg} * \cos(\gamma_g))$
	Рассчитайте угол места от земной станции к спутнику ГСО (градусы)	el	28,44516	$\text{acos}[(\text{Rg}/\text{dg}) * \sin(\gamma_g)]$
	Рассчитайте угол азимута от земной станции к спутнику ГСО (градусы)	az	115,6339	если $(\Delta\lambda_g > 0$ и $\varphi < 0$) или $(\Delta\lambda_g < 0$ и $\varphi < 0$), тогда $\text{asin}[\cos(\delta_g) * \sin(\Delta\lambda_g/\sin(\Delta\lambda_g/\sin\gamma_g))]$ или же $180 - \text{asin}[\cos(\delta_g) * (\Delta\lambda_g/\sin(\gamma_g))]$
	Рассчитайте угол гамма от земной станции до спутника НГСО (градусы)	γ_n	16,16731	$\text{acos}((\text{Re}/\text{Rn}) * \cos(\text{el})) - \text{el}$
	Рассчитайте широту подспутниковой точки спутника НГСО для этих углов Az и El (градусы)	δ	29,76146	если $\varphi > 0$, тогда $90 - \text{acos}[\cos(90-\varphi) * \cos(\gamma_n) + \sin(90-\varphi) * \sin(\gamma_n) * \cos(\text{az})]$ или же $90 - \text{acos}[\cos(90+\varphi) * \cos(\gamma_n) + \sin(90-\varphi) * \sin(\gamma_n) * \cos(\text{az}+180)]$
	Рассчитайте разность по долготе между спутником НГСО и земной станцией (градусы)	$\Delta\lambda_n$	16,80892	если $\Delta\lambda_g > 0$, тогда $\text{acos}[(\cos(\gamma_n) - \sin(\varphi) * \sin(\delta)) / (\cos(\varphi) * \cos(\delta))]$ или же $-1 * \text{acos}[(\cos(\gamma_n) - \sin(\varphi) * \sin(\delta)) / (\cos(\varphi) * \cos(\delta))]$
	Рассчитайте долготу подспутниковой точки спутника НГСО для этих углов Az и El (градусы)	nGSO Long.	-60,1911	earth Long. + $\Delta\lambda_n$

ТАБЛИЦА 2 (продолжение)

Если маски п.п.м. спутника представлены в виде зависимости угла альфа от разности по долготе (дельта)				
	Рассчитайте разность по долготе между спутниками ГСО и НГСО (градусы)	delta	30,19108	GSO Long – nGSO Long
Из данных маски выберите величину п.п.м. для широты, ближайшей к широте подспутниковой точки спутника НГСО; так как ширина полосы пропускания VLA спутников ГСО очень большая, могут существовать несколько наборов масок с перекрывающимися частотами, причем все они должны быть включены, а поскольку рассматриваемый случай отражает событие появления помех "по линии", отношение $G_r(\theta)/G_r(\max)$ при расчете э.п.п.м. равно 1 (численное значение) или 0 дБ.				
	Частота 1: п.п.м. спутника НГСО при альфа = 0 или $X = 0$ и значении дельта	pdf1	-140	пример
	Частота 2: п.п.м. спутника НГСО при альфа = 0 или $X = 0$ и значении дельта (входные данные отмечаются как NA, если они неприменимы)	pdf2	-131	пример
		...		
	Частота n: п.п.м. спутника НГСО при альфа = 0 или $X = 0$ и значении дельта (входные данные отмечаются как NA, если они неприменимы)	pdfn	-140	пример
	Рассчитайте э.п.п.м. для наихудшего случая (дБ(Вт/(м ² · МГц)))	epfd	-130,025	$10 \log(10^{(pdf1/10)} + 10^{(pdf2/10)} + \dots + 10^{(pdfn/10)})$
Если маски п.п.м. спутника представлены в виде зависимости угла азимута от угла места				
Рассчитайте составляющие x, y, z земной станции в координатах ECF				
	Значение x земной станции (км)	Xe	1 130,615	$Re * \cos(\varphi) * \cos(\text{earth Long.})$
	Значение y земной станции (км)	Ye	-4 897,23	$Re * \cos(\varphi) * \sin(\text{earth Long.})$
	Значение z земной станции (км)	Ze	3 926,781	$Re * \sin(\varphi)$
Рассчитайте составляющие x, y, z спутника НГСО в координатах ECF				
	Значение x спутника НГСО (км)	Xn	3 399,674	$Rn * \cos(\delta) * \cos(\text{nGSO Long.})$
	Значение y спутника НГСО (км)	Yn	-5 934,02	$Rn * \cos(\delta) * \sin(\text{nGSO Long.})$
	Значение z спутника НГСО (км)	Zn	3 910,561	$Rn * \sin(\delta)$
Рассчитайте вектор между спутником НГСО и земной станцией				
	Вектор X (км)	X	-2 269,06	$Xe - Xn$
	Вектор Y (км)	Y	1 036,788	$Ye - Yn$
	Вектор Z (км)	Z	16,21997	$Ze - Zn$
Рассчитайте долготу восходящего узла				
	Разность по долготе между спутником и восходящим узлом (градусы)	del	23,6024	$\text{asin}(\tan(\delta) / \tan(i))$
	Долгота восходящего узла (градусы)	an	-83,7935	$\text{nGSO Long.} - \text{del}$

ТАБЛИЦА 2 (окончание)

Рассчитайте аргумент перигея плюс истинную аномалию				
	Аргумент перигея плюс истинная аномалия (градусы)	arg	37,29943	$\text{asin}(\sin(\delta) / \sin(i))$
Рассчитайте несколько значений матрицы преобразования координат XYZ земной станции по системе ECF в значения координат хуz по системе sat (с центром в месте расположения спутника)				
	Косинус долготы восходящего узла	cos_an	0,108113	$\cos(\text{an})$
	Синус долготы восходящего узла	sin_an	-0,99414	$\sin(\text{an})$
	Косинус наклона орбиты спутника НГСО	cos_inc	0,573576	$\cos(i)$
	Синус наклона орбиты спутника НГСО	sin_inc	0,819152	$\sin(i)$
	Косинус аргумента перигея плюс истинная аномалия	cos_arg	0,79548	$\cos(\text{arg})$
	Синус аргумента перигея плюс истинная аномалия	sin_arg	0,60598	$\sin(\text{arg})$
	Значение x земной станции, если смотреть со спутника (км)	x sat	-194,273	$X[-\cos(\text{an})*\sin(\text{arg})-\sin(\text{an})*\cos(i)*\cos(\text{arg})]+$ $Y[\cos(\text{an})*\cos(i)*\cos(\text{arg})-\sin(\text{an})*\sin(\text{arg})]+$ $Z[\sin(i)*\cos(\text{arg})]$
	Значение y земной станции, если смотреть со спутника (км)	y sat	1 752,088	$X[-\cos(\text{an})*\cos(\text{arg})+\sin(\text{an})*\cos(i)*\sin(\text{arg})]-$ $Y[\sin(\text{an})*\cos(\text{arg})+\cos(\text{an})*\cos(i)*\sin(\text{arg})]-$ $Z[\sin(i)*\sin(\text{arg})]$
	Значение z земной станции, если смотреть со спутника (км)	z sat	1 765,294	$X[\sin(\text{an})*\sin(i)]+Y(-\cos(\text{an})*\sin(i))+Z[\cos(i)]$
	Азимут к земной станции, если смотреть со спутника (градусы)	az	-6,32715	$\text{atan}(x \text{ sat}/y \text{ sat})$
	Угол места к земной станции, если смотреть со спутника (градусы)	el	45,04008	$\text{atan}(z \text{ sat}/(\sqrt{x \text{ sat}^2+y \text{ sat}^2}))$
Из данных маски выберите величину п.п.м. для широты, ближайшей к широте подспутниковой точки спутника НГСО; так как ширина полосы пропускания VLA спутников ГСО очень большая, могут существовать несколько наборов масок с перекрывающимися частотами, причем все они должны быть включены, а поскольку рассматриваемый случай отражает событие появления помех "по линии", отношение $G_r(\theta)/G_r(\text{max})$ при расчете э.п.п.м. равно 0				
	Частота 1: п.п.м. спутника НГСО при значениях углов азимута и места к земной станции	pfd1	-140	пример
	Частота 2: п.п.м. спутника НГСО при значениях углов азимута и места к земной станции	pfd2	-131	пример
		...		
	Частота n: п.п.м. спутника НГСО при значениях углов азимута и места к земной станции	pfdn	-140	пример
	Рассчитайте э.п.п.м. для наихудшего случая (дБ(Вт/(м ² · МГц)))	epfd	-130,025	$10 \log(10^{(\text{pfd1}/10)}+10^{(\text{pfd2}/10)}+\dots+10^{(\text{pfdn}/10)})$

3 Случай 2

Случай 2 описывает сценарий, при котором зона исключения определяется как зона в пределах $\pm X^\circ$ от земной станции ГСО до дуги ГСО. Когда спутник НГСО расположен внутри этой зоны исключения, он не может вести передачи в направлении каких-либо земных станций. Наихудший вариант геометрических построений для этого случая отображен на рисунке 2, на котором спутник НГСО расположен на краю зоны исключения, осуществляя передачи в направлении совмещенных земных станций ГСО и НГСО. Такая геометрия отражает сценарий помех, когда главный луч спутника НГСО попадает в боковой лепесток спутника ГСО. Этот метод снижения помех обычно используется в группировке LEO, но может работать и в группировке MEO. Алгоритм по расчету значений э.п.п.м.↓ требует применения следующих шагов:

Шаг 1: Входные данные: радиус Земли, радиус НГСО, наклонение НГСО, радиус ГСО, долгота спутника ГСО, наклонение орбиты спутника ГСО, широта земной станции ГСО, долгота земной станции ГСО.

Шаг 2: Рассчитайте углы азимута и места от земной станции ГСО до спутника ГСО.

Шаг 3: Поскольку зона исключения спутника НГСО основана на дуге ГСО с наклонением 0° , рассчитайте углы азимута и места от земной станции ГСО к спутнику ГСО для наклонения 0° и для долготы испытывающего помехи спутника ГСО.

Шаг 4: Рассчитайте широту и долготу подспутниковой точки спутника НГСО для того же азимута, что и спутник ГСО с наклонением 0° , а также угол X° (угол зоны исключения) плюс угол места к спутнику ГСО с наклонением 0° , с тем чтобы найти местоположение спутника НГСО на краю зоны исключения.

Шаг 5: Рассчитайте внеосевой угол приема (угол дельта между углами места спутника НГСО и спутника ГСО с наклоненной орбитой при максимальном отклонении) и соответствующее усиление на земной станции ГСО.

Шаг 6: Если маски п.п.м. спутника НГСО представлены в виде зависимости угла альфа от разности по долготе (дельта) (определения угла альфа и разности по долготе см. в Рекомендации МСЭ-R S.1503).

- a) Из масок п.п.м. выберите значение п.п.м. для широты, ближайшей к широте подспутниковой точки спутника НГСО для $\alpha = \alpha_0$ или $X = X_0$, и разности по долготе между спутниками ГСО и НГСО.
- b) Поскольку спутник ГСО имеет очень широкую полосу пропускания, могут существовать несколько наборов масок п.п.м. с перекрывающимися частотами, причем все они должны быть включены.
- c) Рассчитайте уровень э.п.п.м., как определено в п. 22.5С РР.

Шаг 7: Если маски п.п.м. спутника НГСО представлены в виде зависимости угла азимута от угла места (определения углов азимута и места см. в Рекомендации МСЭ-R S.1503).

- a) Рассчитайте координаты спутника ГСО, земной станции и спутника НГСО в системе координат ECF.
- b) Переведите вектор между спутником НГСО и земной станцией ГСО из координат ECF в систему координат с центром в месте расположения спутника, а затем вращайте этот вектор.
- c) Рассчитайте углы азимута и места от спутника НГСО к земной станции ГСО.
- d) Из масок п.п.м. выберите величину п.п.м. для широты, ближайшей к широте подспутниковой точки спутника НГСО для углов азимута и места от спутника НГСО к земной станции ГСО.
- e) Поскольку спутник ГСО имеет очень широкую полосу пропускания, могут существовать несколько наборов масок п.п.м. с перекрывающимися частотами, причем все они должны быть включены.
- f) Рассчитайте уровень э.п.п.м., как определено в п. 22.5С РР.

Была составлена рабочая таблица Excel с соответствующими уравнениями и предварительно заданными расчетами. В таблице 3 показано изображение страницы с расчетами для случая 2. Входные величины для спутниковой системы НГСО являются вымышленными и не представляют какую-либо конкретную систему.

ТАБЛИЦА 3

Расчеты в рабочей таблице Excel для случая 2

Случай 2: Зона исключения, определяемая как зона в пределах +/- X° от земной станции ГСО до дуги ГСО				
Спутник НГСО НЕ МОЖЕТ вести передачи, пока он находится в зоне исключения				
Наихудший случай: спутник НГСО находится на краю зоны исключения, осуществляя передачи непосредственно в направлении земной станции ГСО				
Альфа = a_0 или $X = X_0$				
Примечание: Этот алгоритм действителен только для спутников НГСО с круговыми орбитами				
Входные данные				
	Радиус Земли (км)	Re	6 378,15	
	Радиус НГСО (км)	Rn	7 878	
	Наклонение орбиты спутника НГСО (градусы)	i	55	
	Угол зоны исключения НГСО (градусы)	β	10	
	Радиус ГСО (км)	Rg	42 164	
	Долгота спутника ГСО (градусы)	GSO Long.	-30	
	Наклонение орбиты спутника ГСО (градусы)	ig	5	
	Широта земной станции (градусы)	φ	38	
	Долгота земной станции (градусы)	earth Long.	-77	
	Максимальное усиление антенны земной станции (дБ)	G(max)	70	
Расчеты				
	Широта спутника ГСО (градусы)	δg	5	
	Разность по долготе между земной станцией и спутником ГСО (градусы)	$\Delta \lambda g$	47	GSO Long. - earth Long.
	Рассчитайте угол гамма от земной станции до спутника ГСО (градусы)	γg	53,91141	$\text{acos}[\sin(\varphi) * \sin(\delta g) + \cos(\varphi) * \cos(\delta g) * \cos(\Delta \lambda g)]$
	Рассчитайте наклонное расстояние от земной станции до спутника ГСО (км)	dg	38 751,35	$\text{sqrt}(\text{Re}^2 + \text{Rg}^2 - 2 * \text{Re} * \text{Rg} * \cos(\gamma g))$
	Рассчитайте угол места от земной станции к спутнику ГСО (градусы)	el	28,44516	$\text{acos}[(\text{Rg}/\text{dg}) * \sin(\gamma g)]$
	Рассчитайте угол азимута от земной станции к спутнику ГСО (градусы)	az	115,6339	если $(\Delta \lambda g > 0$ и $\varphi < 0$) или $(\Delta \lambda g < 0$ и $\varphi < 0$), тогда $\text{asin}[\cos(\delta g) * \sin(\Delta \lambda g) / \sin(\gamma g)]$ или же $180 - \text{asin}[\cos(\delta g) * \sin(\Delta \lambda g) / \sin(\gamma g)]$
	Рассчитайте угол гамма от земной станции к спутнику ГСО с наклонением 0° (градусы)	$\gamma 0$	57,49168	$\text{acos}[\cos(\varphi) * \cos(\Delta \lambda g)]$
	Рассчитайте наклонное расстояние от земной станции до спутника ГСО с наклонением 0° (км)	d0	39107,9	$\text{sqrt}(\text{Re}^2 + \text{Rg}^2 - 2 * \text{Re} * \text{Rg} * \cos(\gamma 0))$

ТАБЛИЦА 3 (продолжение)

Рассчитайте угол места от земной станции к спутнику ГСО с наклоном 0° (градусы)	el0	24,60297	$\text{acos}[(Rg/d0)*\sin(\gamma0)]$
Рассчитайте угол места к спутнику НГСО на краю зоны исключения (градусы)	nGSO_el	34,60297	$el0 + \beta$
Рассчитайте внеосевой угол на земной станции ГСО	θ	6,157819	$nGSO_el - el$
Рассчитайте усиление земной станции для внеосевого угла θ° (дБ)	$G(\theta)$	9,264328	Рекомендация МСЭ-R S.1428
Рассчитайте угол гамма от земной станции к спутнику НГСО (градусы)	γn	13,60588	$\text{acos}((Re/Rn)*\cos(nGSO_el))-nGSO_el$
Рассчитайте широту подспутниковой точки спутника НГСО для этих углов Az и El (градусы)	δ	31,21079	если $\varphi > 0$, тогда $90 - \text{acos}[\cos(90-\varphi) * \cos(\gamma n) + \sin(90-\varphi) * \sin(\gamma n) * \cos(az)]$ или же $90 - \text{acos}[\cos(90+\varphi) * \cos(\gamma n) + \sin(90-\varphi) * \sin(\gamma n) * \cos(az+180)]$
Рассчитайте разность по долготе между спутником НГСО и земной станцией (градусы)	$\Delta\lambda n$	14,35798	если $\Delta\lambda g > 0$, тогда $\text{acos}[(\cos(\gamma n) - \sin(\varphi) * \sin(\delta)) / (\cos(\varphi) * \cos(\delta))]$ или же $-1 * \text{acos}[(\cos(\gamma n) - \sin(\varphi) * \sin(\delta)) / (\cos(\varphi) * \cos(\delta))]$
Рассчитайте долготу подспутниковой точки спутника НГСО для этих углов Az и El (градусы)	nGSO Long.	-62,64202	earth Long. + $\Delta\lambda n$
Если маски п.п.м. спутника представлены в виде зависимости угла альфа от разности по долготе (дельта)			
Рассчитайте разность Δ по долготе между спутниками ГСО и НГСО (градусы)	delta	32,64202	$GSO\ Long. - nGSO\ Long.$
Из данных маски выберите величину п.п.м. для широты, ближайшей к широте подспутниковой точки спутника НГСО; так как ширина полосы пропускания VLA спутников ГСО очень большая, могут существовать несколько наборов масок с перекрывающимися частотами, причем все они должны быть включены.			
Частота 1: п.п.м. спутника НГСО при альфа = a_0 или $X = X_0$ и значении дельта	pdf1	-140	пример
Частота 2: п.п.м. спутника НГСО при альфа = a_0 или $X = X_0$ и значении дельта (входные данные отмечаются как NA, если они неприменимы)	pdf2	-131	пример
Частота n: п.п.м. спутника НГСО при альфа = a_0 или $X = X_0$ и значении дельта (входные данные отмечаются как NA, если они неприменимы)	pdfn	-140	пример
Рассчитайте э.п.п.м. для наихудшего случая (дБ(Вт/(м ² · МГц)))	epfd	-190,7604	$10 \log(10^{(pdf1+G(X)-G(Max))/10} + 10^{(pdf2+G(X)-G(Max))/10} + \dots + 10^{(pdfn+G(X)-G(Max))/10})$
Если маски п.п.м. спутника представлены в виде зависимости угла азимута от угла места			
Рассчитайте составляющие x, y, z земной станции в координатах ECF			
Значение x земной станции (км)	Xe	1 130,615	$Re * \cos(\varphi) * \cos(\text{earth Long.})$
Значение y земной станции (км)	Ye	-4 897,233	$Re * \cos(\varphi) * \sin(\text{earth Long.})$
Значение z земной станции (км)	Ze	3 926,781	$Re * \sin(\varphi)$

ТАБЛИЦА 3 (продолжение)

Рассчитайте составляющие x , y , z спутника НГСО в координатах ECF				
	Значение x спутника НГСО (км)	X_n	3 096,342	$R_n * \cos(\delta) * \cos(nGSO \text{ Long.})$
	Значение y спутника НГСО (км)	Y_n	-5 984,187	$R_n * \cos(\delta) * \sin(nGSO \text{ Long.})$
	Значение z спутника НГСО (км)	Z_n	4 082,286	$R_n * \sin(\delta)$
Рассчитайте вектор между спутником НГСО и земной станцией				
	Вектор X (км)	X	-1 965,727	$X_e - X_n$
	Вектор Y (км)	Y	1 086,953	$Y_e - Y_n$
	Вектор Z (км)	Z	-155,5047	$Z_e - Z_n$
Рассчитайте долготу восходящего узла				
	Разность по долготе между спутником и восходящим узлом (градусы)	del	25,10263	$\text{asin}(\tan(\delta) / \tan(i))$
	Долгота восходящего узла (градусы)	an	-87,74465	$nGSO \text{ Long.} - del$
Рассчитайте аргумент перигея плюс истинную аномалию				
	Аргумент перигея плюс истинная аномалия (градусы)	$argptrue$	39,24153	$\text{asin}(\sin(\delta) / \sin(I))$
Рассчитайте несколько значений матрицы преобразования координат XYZ земной станции по системе ECF в значения координат x_{uz} по системе sat (с центром в месте расположения спутника)				
	Косинус долготы восходящего узла	\cos_an	0,039353	$\cos(an)$
	Синус долготы восходящего узла	\sin_an	-0,999225	$\sin(an)$
	Косинус наклона орбиты спутника НГСО	\cos_inc	0,573576	$\cos(i)$
	Синус наклона орбиты спутника НГСО	\sin_inc	0,819152	$\sin(i)$
	Косинус аргумента перигея плюс истинная аномалия	\cos_arg	0,774486	$\cos(arg)$
	Синус аргумента перигея плюс истинная аномалия	\sin_arg	0,632591	$\sin(arg)$
	Значение x земной станции, если смотреть со спутника (км)	$x \text{ sat}$	-216,2066	$X[-\cos(an)*\sin(arg)-\sin(an)*\cos(i)*\cos(arg)]+$ $Y[\cos(an)*\cos(i)*\cos(arg)-\sin(an)*\sin(arg)]+$ $Z[\sin(i)*\cos(arg)]$
	Значение y земной станции, если смотреть со спутника (км)	$y \text{ sat}$	1 678,841	$X[-\cos(an)*\cos(arg)+\sin(an)*\cos(i)*\sin(arg)]-$ $Y[\sin(an)*\cos(arg)+\cos(an)*\cos(i)*\sin(arg)]-$ $Z[\sin(i)*\sin(arg)]$
	Значение z земной станции, если смотреть со спутника (км)	$z \text{ sat}$	1 484,749	$X[\sin(an)*\sin(i)]+Y(-\cos(an)*\sin(i)]+Z[\cos(i)]$
	Азимут к земной станции, если смотреть со спутника (градусы)	az	-7,338344	$\text{atan}(x \text{ sat}/y \text{ sat})$
	Угол места к земной станции, если смотреть со спутника (градусы)	el	41,25547	$\text{atan}(z \text{ sat}/(\sqrt{x \text{ sat}^2+y \text{ sat}^2}))$

ТАБЛИЦА 3 (окончание)

Из данных маски выберите величину п.п.м. для широты, ближайшей к широте подспутниковой точки спутника НГСО; так как ширина полосы пропускания VLA спутников ГСО очень большая, могут существовать несколько наборов масок с перекрывающимися частотами, причем все они должны быть включены.				
	Частота 1: п.п.м. спутника НГСО при значениях углов азимута и места к земной станции	pfd1	-140	пример
	Частота 2: п.п.м. спутника НГСО при значениях углов азимута и места к земной станции	pfd2	-131	пример
		...		
	Частота <i>n</i> : п.п.м. спутника НГСО при значениях углов азимута и места к земной станции	pfdn	-140	пример
	Рассчитайте э.п.п.м. для наихудшего случая (дБ(Вт/(м ² · МГц)))	epfd	-191,2207	$10 \log(10^{((pfd1+G(X)-G(Max))/10)}+10^{((pfd2+G(X)-G(Max))/10)}+\dots+10^{((pfdn+G(X)-G(Max))/10)})$

4 Случай 3

Случай 3 описывает сценарий, при котором зона исключения определяется как зона в пределах широты $\pm X^\circ$ для широты подспутниковой точки спутника НГСО. Когда спутник НГСО расположен внутри этой зоны исключения, он не может вести передачи в направлении каких-либо земных станций. Наихудший вариант геометрических построений для этого случая отображен на рисунке 3, на котором спутник НГСО расположен на краю зоны исключения, осуществляя передачи в направлении совмещенных земных станций ГСО и НГСО. Такая геометрия отражает сценарий помех, когда главный луч спутника НГСО попадает в боковой лепесток спутника ГСО. Этот метод снижения помех обычно используется в группировке МЕО, но может работать и в группировке НЕО. Алгоритм по расчету значений э.п.п.м.↓ требует применения следующих шагов:

Шаг 1: Входные данные: радиус Земли, радиус НГСО, наклонение орбиты спутника НГСО, широта точки выхода спутника НГСО из зоны исключения, долгота спутника ГСО, наклонение орбиты спутника ГСО, радиус ГСО, широта земной станции ГСО, долгота земной станции ГСО, максимальное усиление антенны земной станции ГСО.

Шаг 2: Рассчитайте минимальный внеосевой угол от земной станции ГСО до спутника НГСО (эта функция выполняется в виде макрофункции, при которой спутник НГСО перемещается по долготе вдоль широты точки выхода из зоны исключения, вычисляется внеосевой угол, а затем записывается минимальное значение).

Шаг 3: Рассчитайте широту и долготу подспутниковой точки спутника НГСО для минимального внеосевого угла.

Шаг 4: Рассчитайте внеосевой угол приема и коэффициент усиления земной станции ГСО.

Шаг 5: Если маски п.п.м. спутника НГСО представлены в виде зависимости угла альфа от разности по долготе (дельта) (определения угла альфа и разности по долготе см. в Рекомендации МСЭ-R S.1503).

- a) Из масок п.п.м. выберите значение п.п.м. для широты, ближайшей к широте подспутниковой точки спутника НГСО для $\alpha = \alpha_0$ или $X = X_0$, и разности по долготе между спутниками ГСО и НГСО.
- b) Поскольку спутник ГСО имеет очень широкую полосу пропускания, могут существовать несколько наборов масок п.п.м. с перекрывающимися частотами, причем все они должны быть включены.
- c) Рассчитайте уровень э.п.п.м., как определено в п. 22.5С РР.

Шаг 6: Если маски п.п.м. спутника НГСО представлены в виде зависимости угла азимута от угла места (определения углов азимута и места см. в Рекомендации МСЭ-R S.1503).

- a) Рассчитайте координаты спутника ГСО, земной станции и спутника НГСО в системе координат ECF.
- b) Переведите вектор между спутником НГСО и земной станцией ГСО из координат ECF в систему координат с центром в месте расположения спутника, а затем вращайте этот вектор.
- c) Рассчитайте углы азимута и места от спутника НГСО к земной станции ГСО.
- d) Из масок п.п.м. выберите величину п.п.м. для широты, ближайшей к широте подспутниковой точки спутника НГСО для углов азимута и места от спутника НГСО к земной станции ГСО.
- e) Поскольку спутник ГСО имеет очень широкую полосу пропускания, могут существовать несколько наборов масок п.п.м. с перекрывающимися частотами, причем все они должны быть включены.
- f) Рассчитайте уровень э.п.п.м., как определено в п. 22.5С РР.

Была составлена рабочая таблица Excel с соответствующими уравнениями и предварительно заданными расчетами. В таблице 4 показано изображение страницы с расчетами для случая 3. Входные величины для спутниковой системы НГСО являются вымышленными и не представляют какую-либо конкретную систему.

ТАБЛИЦА 4

Расчеты в рабочей таблице Excel для случая 3

Случай 3: Спутник НГСО НЕ МОЖЕТ вести передачи, когда он находится выше или ниже определенной широты. Группировка МЕО не сможет вести передачи на широтах между + или - X. Группировка НЕО не сможет вести передачи на широтах ниже +X или выше -X в зависимости от полушария, в котором находится апогей				
Наихудший случай: спутник НГСО находится на установленной широте, осуществляя передачи непосредственно в направлении земной станции ГСО				
Альфа = a_0 или $X = X_0$				
Примечание: Для спутника НЕО входными данными для радиуса НГСО является радиус НЕО на широте входа в зону исключения или выхода из нее				
Входные данные				
	Радиус Земли (км)	Re	6 378,15	
	Радиус ГСО (км)	Rg	42 164	
	Наклонение орбиты спутника НГСО (градусы)	i	55	
	Радиус НГСО (км)	Rn	23 958	
	Широта точки входа/выхода спутника НГСО (градусы)	β	-45	
	Широта точки входа/выхода положительная или отрицательная? (1 = да или 2 = нет)		1	
	Долгота спутника ГСО (градусы)	GSO Long.	-30	
	Наклонение орбиты спутника ГСО (градусы)	GSO_inc	5	
	Широта земной станции (градусы)	ϕ	38	
	Долгота земной станции (градусы)	earth Long.	-77	
	Максимальное усиление антенны земной станции (дБ)	G(max)	70	
Расчеты				
	Рассчитайте минимальный внеосевой угол	β	44,09438	макрофункция
	Долгота спутника НГСО для минимального внеосевого угла	nGSO Long.	-32	макрофункция
	Широта спутника НГСО для минимального внеосевого угла	nGSO Lat.	45	макрофункция
	Рассчитайте усиление земной станции для внеосевого угла θ°	G(β)	-15,33	Рекомендация МСЭ-R S.1428
Если маски п.п.м. спутника представлены в виде зависимости угла альфа от разности по долготе (дельта)				
	Рассчитайте разность по долготе между спутниками ГСО и НГСО (градусы)	delta	2	

ТАБЛИЦА 4 (продолжение)

Из данных маски выберите величину п.п.м. для широты, ближайшей к широте подспутниковой точки спутника НГСО; так как ширина полосы пропускания VLA спутников ГСО очень большая, могут существовать несколько наборов масок с перекрывающимися частотами, причем все они должны быть включены.				
	Частота 1: п.п.м. спутника НГСО при альфа = a_0 или $X = X_0$ и значении дельта	pdf1	-140	пример
	Частота 2: п.п.м. спутника НГСО при альфа = a_0 или $X = X_0$ и значении дельта	pdf2	-131	пример
	...			
	Частота n : п.п.м. спутника НГСО при альфа = a_0 или $X = X_0$ и значении дельта	pdfn	-140	пример
	Рассчитайте э.п.п.м. для наихудшего случая	epfd	-215,3562	$10 \log(10^{((pdf1+G(X)-G(Max))/10)}+10^{((pdf2+G(X)-G(Max))/10)}+\dots+10^{((pdfn+G(X)-G(Max))/10)})$
Если маски п.п.м. спутника представлены в виде зависимости угла азимута от угла места				
Рассчитайте составляющие x, y, z земной станции в координатах ECF				
	Значение x земной станции (км)	X_e	1 130,62	$R_e * \cos(\varphi) * \cos(\text{earth Long.})$
	Значение y земной станции (км)	Y_e	-4 897,23	$R_e * \cos(\varphi) * \sin(\text{earth Long.})$
	Значение z земной станции (км)	Z_e	3 926,78	$R_e * \sin(\varphi)$
Рассчитайте составляющие x, y, z спутника НГСО в координатах ECF				
	Значение x спутника НГСО (км)	X_n	14 366,67	$R_n * \cos(\delta) * \cos(n\text{GSO Long.})$
	Значение y спутника НГСО (км)	Y_n	-8 977,29	$R_n * \cos(\delta) * \sin(n\text{GSO Long.})$
	Значение z спутника НГСО (км)	Z_n	16 940,86	$R_n * \sin(\delta)$
Рассчитайте вектор между спутником НГСО и земной станцией				
	Вектор X (км)	X	-13 236,05	$X_e - X_n$
	Вектор Y (км)	Y	4 080,057	$Y_e - Y_n$
	Вектор Z (км)	Z	-13 014,08	$Z_e - Z_n$
Рассчитайте долготу восходящего узла				
	Разность по долготе между спутником и восходящим узлом (градусы)	del	44,44366	$\text{asin}(\tan(\delta) / \tan(i))$
	Долгота восходящего узла (градусы)	an	-76,44	$n\text{GSO Long.} - \text{del}$
Рассчитайте аргумент перигея плюс истинную аномалию				
	Аргумент перигея плюс истинная аномалия (градусы)	argptrue	59,67984	$\text{asin}(\sin(\delta) / \sin(I))$

ТАБЛИЦА 4 (окончание)

Рассчитайте несколько значений матрицы преобразования координат XYZ земной станции по системе ECF в значения координат x_{yz} по системе sat (с центром в месте расположения спутника)				
	Косинус долготы восходящего узла	cos_an	0,234401	cos(an)
	Синус долготы восходящего узла	sin_an	-0,97214	sin(an)
	Косинус наклона орбиты спутника НГСО	cos_inc	0,573576	cos(i)
	Синус наклона орбиты спутника НГСО	sin_inc	0,819152	sin(i)
	Косинус аргумента перигея плюс истинная аномалия	cos_arg	0,504831	cos(arg)
	Синус аргумента перигея плюс истинная аномалия	sin_arg	0,863218	sin(arg)
	Значение x земной станции, если смотреть со спутника (км)	x sat	-2 728,648	$X[-\cos(\text{an})\sin(\text{arg})-\sin(\text{an})\cos(i)\cos(\text{arg})]+$ $Y[\cos(\text{an})\cos(i)\cos(\text{arg})-\sin(\text{an})\sin(\text{arg})]+$ $Z[\sin(i)\cos(\text{arg})]$
	Значение y земной станции, если смотреть со спутника (км)	y sat	18 668,32	$X[-\cos(\text{an})\cos(\text{arg})+\sin(\text{an})\cos(i)\sin(\text{arg})]-$ $Y[\sin(\text{an})\cos(\text{arg})+\cos(\text{an})\cos(i)\sin(\text{arg})]-$ $Z[\sin(i)\sin(\text{arg})]$
	Значение z земной станции, если смотреть со спутника (км)	z sat	2 292,286	$X[\sin(\text{an})\sin(i)]+Y(-\cos(\text{an})\sin(i))+Z[\cos(i)]$
	Азимут к земной станции, если смотреть со спутника (градусы)	az	-8,31573	atan(x sat/y sat)
	Угол места к земной станции, если смотреть со спутника (градусы)	EL	6,927433	atan(z sat/(sqrt(x sat^2+y sat^2)))
Из данных маски выберите величину п.п.м. для широты, ближайшей к широте подспутниковой точки спутника НГСО; так как ширина полосы пропускания VLA спутников ГСО очень большая, могут существовать несколько наборов масок с перекрывающимися частотами, причем все они должны быть включены.				
	Частота 1: п.п.м. спутника НГСО при значениях углов азимута и места к земной станции	pfd1	-140	пример
	Частота 2: п.п.м. спутника НГСО при значениях углов азимута и места к земной станции	pfd2	-131	пример
		...		
	Частота n : п.п.м. спутника НГСО при значениях углов азимута и места к земной станции	pfdn	-140	пример
	Рассчитайте э.п.п.м. для наихудшего случая (дБ(Вт/(м ² · МГц)))	epfd	-215,8165	$10 \log(10^{((\text{pfd1}+G(X)-G(\text{Max}))/10)}+10^{((\text{pfd2}+G(X)-G(\text{Max}))/10)}+\dots+10^{((\text{pfdn}+G(X)-G(\text{Max}))/10)})$